

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-198935

(43)Date of publication of application : 01.08.1995

(51)Int.Cl.

G02B 5/28

(21)Application number : 05-351258

(71)Applicant : KOSHIN KOGAKU:KK

(22)Date of filing : 28.12.1993

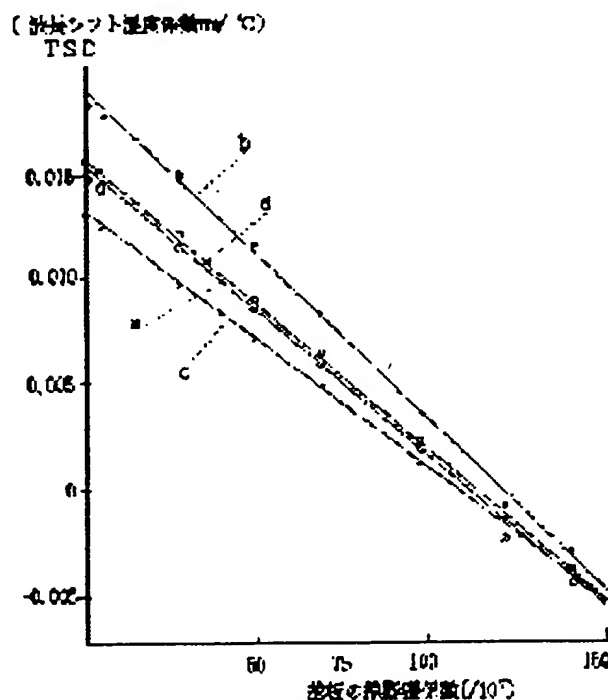
(72)Inventor : TAKAHASHI HARUO

(54) SELECTING METHOD OF TEMPERATURE COEFFICIENT FOR WAVELENGTH SHIFT OF MULTILAYER FILM FILTER AND MULTILAYER FILM FILTER HAVING ALMOST ZERO TEMPERATURE COEFFICIENT OF WAVELENGTH SHIFT

(57)Abstract:

PURPOSE: To decide the temp. coefft. of wavelength shift of a multilayered film filter according to decision of the coefft. of linear expansion of a substrate and to obtain a multilayered film filter having almost zero temp. coefft. of wavelength shift.

CONSTITUTION: Dense multilayer films are formed on different substrates by vapor deposition by an ion or plasma process. The temp. coefft. of wavelength shift of each multilayer film is plotted on the coordinate of linear expansion coefft.-temp. coefft. of wavelength shift. Based on the obt'd. plot, the temp. coefft. shift line intrinsic to each multilayer film is obt'd. The substrate for a multilayer film having a specified temp. coefft. of wavelength shift is selected according to this temp. coefft. shift line. Further, by using a substrate having coefft. of linear expansion of 75-150(1/107), a multilayered filter having almost zero temp. coefft. of wavelength shift is obt'd. Thereby, the temp. coefft. of wavelength shift can be determined from the temp. coefft. shift line. A multilayered filter having almost zero temp. coefft. of wavelength shift can be obt'd. by using a substrate having the coefft. of linear expansion in a specified range.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	07.06.1996
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	13.10.1998
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3243474
[Date of registration]	26.10.2001
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	10-18066
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	12.11.1998
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

特開平 7-198935

(43) 公開日 平成7年(1995)8月1日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 5/28

審査請求 未請求 請求項の数 1 1 F D

(全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-351258

(22) 出願日 平成5年(1993)12月28日

(71) 出願人 591266906

有限会社光伸光学

神奈川県秦野市三廻部39番地5

(72) 発明者 高橋晴夫

神奈川県秦野市堀山下795番地の1

(74) 代理人 弁理士 立花 良介

(54) 【発明の名称】 多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法及び波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ

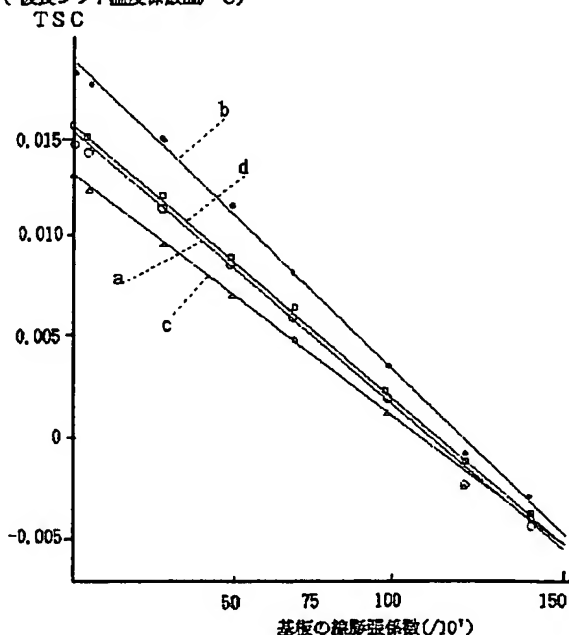
(57) 【要約】

【目的】 多層膜フィルタの波長シフト温度係数を基板の線膨張係数決定によって選定し、併せて波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタの提供。

【構成】 イオンあるいはプラズマプロセス法によって稠密多層膜を異なった基板上にそれぞれ蒸着し、各多層膜フィルタの波長シフト温度係数を線膨張係数-波長シフト温度係数座標上にプロットする。各プロットを基にしてこの多層膜固有の温度係数シフト直線を求める。所定の波長シフト温度係数を有する多層膜フィルタの基板はこの温度係数シフト直線によって選定される。更に、線膨張係数が $75 \sim 150 (/10^{-7})$ の基板を採用することで波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタをえる。

【効果】 温度係数シフト直線により波長シフト温度係数を適宜選定できる。波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタは基板の線膨張係数がある範囲内のものを採用することで可能となる。

(波長シフト温度係数nm/℃)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 多層膜自身の屈折率の温度係数や、熱膨張による膜厚変動以外に、基板の熱膨張による多層膜への体積歪みをも考慮し、波長シフト温度係数値が基板の線膨張係数値に対して単調減少する関係を踏まえて基板の線膨張係数を決定する、多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法。

【請求項 2】 イオンあるいはプラズマプロセス法等を用いて稠密多層膜を基板上に積層する多層膜フィルタに於いて、波長シフト温度係数値が基板の線膨張係数値に対して単調減少する関係を踏まえて基板の線膨張係数を決定する、多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法。

【請求項 3】 線膨張係数値が 75 乃至 150 ($/10^7$) の範囲内にある基板上に、 TiO_2 と SiO_2 皮膜を交互に繰り返し積層してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項 4】 線膨張係数値が 75 乃至 150 ($/10^7$) の範囲内にある基板上に、 Ta_2O_5 と SiO_2 皮膜を交互に繰り返し積層してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項 5】 線膨張係数値が 75 乃至 150 ($/10^7$) の範囲内にある基板上に、 Ta_2O_5 と SiO_2 として Al_2O_3 皮膜を交互に繰り返し積層してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項 6】 線膨張係数値が 75 乃至 150 ($/10^7$) の範囲内にある基板上に、 TiO_2 と SiO_2 として Al_2O_3 皮膜を交互に繰り返し積層してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項 7】 蒸着物質として、 TiO_2 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Si 、 ZnS 、 HfO 、 Ge 、 Nd_2O_3 、 Nb_2O_5 、 CeO_2 のいずれか一つ以上を採用し、イオンあるいはプラズマプロセス法により、線膨張係数値が 75 乃至 150 ($/10^7$) の範囲内にある基板上に、上記蒸着皮膜を稠密蒸着してなる、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項 8】 イオンあるいはプラズマプロセス法により異なった基板上に同一の多層膜を積層して二種類以上の多層膜フィルタを作製し、各多層膜フィルタの波長シフト温度係数値を線膨張係数-波長シフト温度係数座標上にプロットしてその多層膜固有の温度係数シフト直線を描き、この直線から所定の線膨張係数を有する基板を採用する、多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法。

【請求項 9】 線膨張係数値が 75 乃至 150 ($/10^7$) の範囲内にある基板を採用し、多層膜自身の屈折率の直線温度係数を調節して所定の波長シフト温度係数をえる、請求項 1 記載の多層膜フィルタの波長シフト温度係数の選定方法。

【請求項 10】 多層膜固有の温度係数シフト直線から導かれる線膨張係数値の基板を採用する、波長シフト温

度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【請求項 11】 基板のみ異なる各多層膜フィルタの線膨張係数-波長シフト温度係数座標値から温度係数シフト直線を求める、請求項 10 記載の波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光通信等に使用される多層膜フィルタの波長シフト温度係数選定方法に関する。多層膜固有の線膨張係数-波長シフト温度係数座標等を基にして所望の波長シフト温度係数値を選定し、特に波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを提供する。

【0002】

【従来の技術】 TiO_2 や SiO_2 等の誘電体皮膜を石英等の基板上に積層した多層膜バンドパスフィルタ（以下多層膜フィルタと称する）は、真空チャンバー内で 250℃ に加熱された基板上に電子ビームによって蒸着される。この場合の多層膜は充填密度が低く（換言すればスカスカ）、膜構造は柱状構造を呈する。使用環境下では水分が多層膜内を吸脱着して膜の屈折率を変化させ、波長シフト温度係数の変動をもたらす。昇温時にはピーク透過波長は短波長側にシフトし、降温時には長波長側にシフトする。稠密多層膜を提供するためイオンアシスト法、イオンプレーティング法やイオンビームスパッター法等のイオン-プラズマプロセス蒸着法が採用される。高充填密度の多層膜フィルタは湿度の影響から開放されるが、狭帯域多層膜フィルタでは温度によるピーク波長シフトの課題が残る。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 今日では稠密波長多重通信やコヒーレント光通信が採用される。イオン-プラズマプロセス法による狭帯域多層膜フィルタは、周囲温度の変動に応じて透過ピーク波長がシフトするため、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタへの要望が極めて強い。多層膜自身の素材や物性そして蒸着方法等を模索しているが、屈折率の温度係数に難渋している。本発明者は基板の線膨張係数に着目し、基板から多層膜への体積歪みを考慮した波長シフト温度係数選定理論を確立することで、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタの提供を図る。

【0004】

【課題を解決するための手段】 多層膜自身の屈折率の温度係数や、熱膨張による膜厚変動以外に、基板の熱膨張による多層膜への体積歪みをも考慮し、波長シフト温度係数値が基板の線膨張係数値に対して単調減少する関係を踏まえて基板の線膨張係数を決定し、所望の波長シフト温度係数値を有する多層膜フィルタを提供する。線膨張係数値が 75 乃至 150 ($/10^7$) の範囲内にある基板上に、 TiO_2 と SiO_2 皮膜あるいは Ta_2O_5 と SiO_2 皮膜を交互に繰り返し

返し積層して、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを作製する。

【0005】

【作用】第1図は基板線膨張係数-波長シフト温度係数座標であり、各多層膜毎の温度係数シフト直線a~dが描かれている。例えば、直線aの多層膜を波長シフト温度係数が略0の多層膜フィルタにするには、線膨張係数が $110/10^7$ 近傍をとる基板を採用すれば良い。基板の線膨張係数に比例して波長シフト温度係数が単調減少する*

$$n_o = N_o P_o + 1 - P_o$$

$$V_t = V_o [1 + 2(\alpha - \beta) \times (1 - 2s) / (1 - s) + 3\beta]$$

これより、

$$P_t = P_o (1 + 3\beta) / [1 + 3\beta + 2(\alpha - \beta)(1 - 2s) / (1 - s)]$$

$$d_t = d_o [1 - 2s(\alpha - \beta)(1 - s) + \beta]$$

ここで屈折率の温度係数、 $\delta = (1/N)(dN/dt)$ と定義すると、

$$n_t = N_t P_t + 1 - P_t = (N_o + N_o \delta) P_t + 1 - P_t \quad *$$

$$TSC = \lambda \cdot \Delta(nd) / n_o = n_t d_t / n_o d_o - 1 \dots \textcircled{1}$$

で表される。第2図は①式に基づいて、屈折率の温度係数依存性(δ)を調べた計算結果である。充填密度 $P = 1.0$ 、ポアソン比 $s = 0$ 、膜の線膨張係数 $\beta = 1/10^7$ 、平均屈折率 $N = 1.85$ に採る。第1図の実験結果と見比べると、屈折率の温度係数は略 $1.0/10^5$ 程度の値を採ることが理解される。波長シフト温度係数が基板の線膨張係数に比例して単調減少するこの計算結果は、基板の熱膨張による多層膜への体積歪みを考慮した体積歪みモデルの正しさの証左となる。

【0006】

【実施例】多層膜フィルタの基板の線膨張係数を横軸にとり、透過ピーク波長の波長シフト温度係数(TSC)を縦軸にとった線膨張係数-波長シフト温度係数座標を第1★

硝子名	線膨張係数 ($10^{-7}/^{\circ}\text{C}$)	屈折率(n) 587.56nm	メーカー
クリストロン	~0	1.5459	HOYA
石英	4	1.4585	
EL3.0	3.4	1.5325	HOYA
LAM6.0	5.4	1.7433	OHARA
BK7	7.4	1.5168	
BAL2	10.0	1.5718	OHARA
FPL5.1	12.7	1.4978	OHARA
FPL5.3	14.2	1.439	OHARA

次に、 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ が交互に31層繰り返し積層して多層膜を作成する。上記実施例との違いは、一次の共振器長を有するキャビティ層に TiO_2 を採用した点である。設計中心波長は1540nmで半値巾は約1.0nmである。この多層膜が蒸着される基板(表1に記載された各基板)毎の波長シフト温度係数を同じように測定して、第1図にプロット(●印)した。これら各点から温度係数シフト直線bが求められる。両温度係数シフト直線a,bの違いは、キャビティ層である SiO_2 と TiO_2 の屈折率の温度係数の差

*ことが理解される。基板の熱膨張による多層膜への体積歪みを考慮した、体積歪みモデルを以下説明する。温度 t_o 及び t の時の蒸着膜の膜としての平均屈折率を n_o, n_t 、蒸着膜の蒸着物質の部分の平均屈折率を N_o, N_t 、蒸着膜の充填密度を P_o, P_t 、蒸着膜の厚さを d_o, d_t 、ある一定の薄膜の領域内の立方体の体積を V_o, V_t とする。多層膜のポアソン比を s 、平均線膨張係数を β 、屈折率の温度係数を δ とし、基板の線膨張係数を α とする。

※これより、多層膜フィルタの波長 λ での波長シフト温度係数(TSC)は、

★図に示す。同図における温度係数シフト直線aは、 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ を交互に繰り返し33層積層した多層膜(キャビティ層は一次の共振器長を有し、 SiO_2 で作製され、半値幅は約0.5nm)の波長シフト温度係数直線である。この多層膜は表1に記載された各基板にそれぞれ蒸着されて各多層膜フィルタが作製される。各多層膜フィルタを20℃と60℃の2点で透過ピーク波長を測定し、その結果の波長シフト温度係数を同図にプロット(○印)する。このプロットを基にして上記温度係数シフト直線aが作成される。二個のプロット点があれば一応は温度係数シフト直線を描くことができる。

【表1】

に起因する。 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ を41層繰り返し交互に積層し、一次の共振器長を有するキャビティ層に SiO_2 を採用した多層膜の場合には、温度係数シフト直線cが描かれる。各プロット(△印)からこの直線cは求められる。同じように、 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ を39層繰り返し交互に積層し、一次の共振器長を有するキャビティ層に Ta_2O_5 を採用した多層膜の場合には、温度係数シフト直線dが描かれる。各プロット(□印)からこの直線dは求められる。両温度係数シフト直線c,dの違いは、キャビティ

層の違いである。一方のキャビティ層の SiO_2 よりも Ta_2O_5 の方が屈折率の温度係数が若干大きいためである。これらの測定結果及び上記①式から、線膨張係数の大きな基板に蒸着された多層膜は、基板の熱膨張係数に引きずられ様に、膜自身が二次元的に広がり、その結果体積歪みを生じて、充填密度が低下し、波長シフト温度係数が変動するという体積歪み理論が導かれる。

【0007】第1図の温度係数シフト直線a～dから、波長シフト温度係数値は基板の線膨張係数値に対して単調減少することが理解される。ある波長シフト温度係数を有する多層膜フィルタは、この直線をから導かれる多層膜の種類と基板の線膨張係数選定によって可能になる。波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを作製するには、線膨張係数値が75乃至150($/10^{-7}$)の範囲内にある基板上に、 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 皮膜あるいは $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ 皮膜を交互に繰り返して積層すれば良い。

【0008】 TiO_2 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 を蒸着皮膜として説明してきたが、 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ あるいは $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ を交互に繰り返して積層した多層膜の場合も、温度係数シフト直線a～dと略同じ傾向を有する。この Al_2O_3 に限らず多層膜フィルタの設計透過ピーク波長に応じた皮膜が適宜採用される。これまでの実施例の蒸着物質は、 SiO_2 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 であるが、その他には、 ZrO_2 、 Si 、 ZnS 、 HfO 、 Ge 、 Nd_2O_3 、 Nb_2O_5 、 CeO_2 が選択採用される。特に、 Ge (ゲルマニウム)皮膜からなる波長シフト温度係数が略ゼロの長波長用フィルタは、宇宙観測機器用として期待される。これらの蒸着物質を加速電子やイオンによってスパッターし、選定された基板上に直接或いはプラズマ領域を通過して蒸着させる。イオンガンによって酸素や窒素イオンを蒸着膜に照射する。基板は蒸発物質からの輻射熱により100～120℃に昇温する。このイオンあるいはプラズマプロセス法による多層膜は、充填密度が略1に近い稠密膜となる。充填密度がこのように高い皮膜ゆえに、多層膜は基板の線膨張係数による体積歪みを受け、充填密度の低下を招き、波長シフト温度係数が変動する。充填密度が極めて低い皮膜(スカスカ状態)の多層膜フィルタでは、波長シフト温度係数が基板の線膨張係数から受ける影響は小さい。

【0009】 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ あるいは $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{A}$

I_2O_3 を交互に繰り返して積層した多層膜で、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを作製するには、温度係数シフト直線a～dを参照して、線膨張係数値が75乃至150($/10^{-7}$)の範囲内にある基板すれば良いことになる。同じように ZrO_2 、 Si 、 ZnS 、 HfO 、 Ge 、 Nd_2O_3 、 Nb_2O_5 、 CeO_2 の皮膜でも、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを作製するには、線膨張係数値が75乃至150($/10^{-7}$)の範囲内にある基板を採用する。もっとも、波長シフト温度係数値の絶対値が同じでその符号(正負)のみが異なる二種類の多層膜フィルタを合わせて使用すれば、波長シフト温度係数は0になる。温度係数シフト直線a～dを参照して正負の符号のみ異なる多層膜フィルタを選定できる。

【0010】

【発明の効果】要するに、本発明は多層膜自身の屈折率の温度係数や、熱膨張による膜厚変動以外に、基板の熱膨張による稠密多層膜への体積歪みをも考慮し、波長シフト温度係数値が基板の線膨張係数値に対して単調減少する関係を踏まえて基板の線膨張係数を決定するため、所定の波長シフト温度係数値を有する多層膜フィルタを選定できる。温度係数シフト直線を参照して多層膜と基板とを選定する。特に、線膨張係数が75乃至150($/10^{-7}$)の範囲内の基板を採用すれば、波長シフト温度係数が略ゼロの多層膜フィルタを提供できる。また、ある基板の線膨張係数が分かっているれば、多数の温度係数シフト直線から所定の波長シフト温度係数を有する多層膜フィルタの多層膜を決定でき、多層膜が特定されている場合にはその多層膜フィルタの波長シフト温度係数が予め分かる。

【図面の簡単な説明】

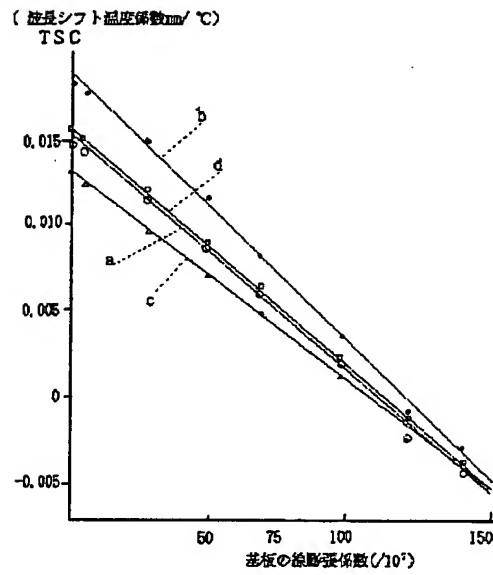
【図1】基板の線膨張係数と多層膜フィルタの波長シフト温度係数との関係を示すグラフ図である。

【図2】基板の線膨張係数による多層膜への体積歪みを考慮した計算式から導かれる温度係数シフト直線である。

【符号の説明】

- a 温度係数シフト直線
- b 温度係数シフト直線
- c 温度係数シフト直線
- d 温度係数シフト直線

【図1】



【図2】

